


Transparent yttria ceramics and method for producing same

Publication number: DE2830020
Publication date: 1979-02-08
Inventor: RHODES WILLIAM H (US); REID F JOSEPH (US)
Applicant: GTE LABORATORIES INC
Classification:
- international: **C04B35/505; H01J5/04; C04B35/50; H01J5/02;** (IPC1-7): C04B35/50; C04B35/62; C04B35/64; H01J61/30
- european: C04B35/505; H01J5/04
Application number: DE19782830020 19780707
Priority number(s): US19770814342 19770711

Also published as:

US4098612 (A1)
NL7807226 (A)
GB2000752 (A)
FR2397378 (A1)
IT1097456 (B)

Report a data error here

Abstract not available for DE2830020
Abstract of corresponding document: **US4098612**

An article of manufacture is provided comprising a substantially transparent high density polycrystalline yttria-base body consisting essentially of yttria and from about 0.01 to 5 wt. % alumina.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

⑤

Int. Cl. 2:

C 04 B 35/50

① **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

C 04 B 35/62

C 04 B 35/64

H 01 J 61/30

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 28 30 020 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 28 30 020

⑫

Aktenzeichen:

P 28 30 020.1

⑬

Anmeldetag:

7. 7. 78

⑭

Offenlegungstag:

8. 2. 79

⑮

Unionspriorität:

⑯ ⑰ ⑱

11. 7. 77 V.St.v.Amerika 814342

⑥

Bezeichnung:

Keramik und Verfahren zu ihrer Herstellung

⑦

Anmelder:

GTE Laboratories Inc., Wilmington, Del. (V.St.A.)

⑧

Vertreter:

Reinländer, C., Dr.-Ing.; Bernhardt, H.K., Dipl.-Ing.; Pat.-Anwälte,
8000 München

⑨

Erfinder:

Rhodes, William H., Lexington; Reid, F. Joseph, Acton; Mass. (V.St.A.)

DE 28 30 020 A 1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Keramik, gekennzeichnet durch einen im wesentlichen transparenten, hochdichten, polykristallinen Körper auf Yttriumoxydbasis, der im wesentlichen aus Yttriumoxyd und von etwa 0,01 bis 5 Gew.% Aluminiumoxyd besteht.
2. Keramik nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Gehalt von etwa 0,05 bis 0,25 Gew.% Aluminiumoxyd.
3. Verfahren zur Herstellung eines im wesentlichen transparenten, hochdichten, polykristallinen Körpers auf Yttriumoxydbasis, dadurch gekennzeichnet, daß Aluminiumoxyd oder ein Vorläufer dafür, der durch Sintern in Aluminiumoxyd umwandelbar ist, mit Yttriumoxyd oder einem Vorläufer dafür, der durch Sintern in Yttriumoxyd umwandelbar ist, gemischt wird, das resultierende Pulver getrocknet wird, das getrocknete Pulver bei 1000°C in Luft kalziniert wird, das kalzinierte Pulver in eine gegebene Form gepresst wird und das geformte Pulver etwa $1/4$ bis 6 Stunden oberhalb der eutektischen Temperatur in einer Atmosphäre gesintert wird, die ausreichend niedrigen Sauerstoffgehalt hat, um eine Oxydverunreinigung zu verhindern.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Aluminiumoxydvorläufer $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ oder $\text{Al}(\text{OH})_3$ ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Yttriumoxydvorläufer $\text{Y}_2(\text{CO}_3)_3$ oder $\text{Y}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ ist.

.../A2

809886/0688

ORIGINAL INSPECTED

6. Verfahren nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulver bei 110°C getrocknet werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das getrocknete Pulver etwa 1 Stunde lang kalziniert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Sintern bei etwa 2100°C durchgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Sintern bei einem Sauerstoffdruck von etwa 2×10^{-10} Atmosphären durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Sintern unter einem Sauerstoffdruck durchgeführt wird, der signifikant niedriger liegt als 10^{-10} Atmosphären und das resultierende schwarze Produkt danach etwa 5 Stunden lang bei 1500°C oxydiert wird, um einen im wesentlichen transparenten, hochdichten, polykristallinen Körper auf Yttriumoxydbasis zu erhalten.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das geformte Pulver zunächst etwa 1 bis 8 Stunden lang unterhalb von 1920°C gesintert wird, etwa 1/4 bis 6 Stunden lang oberhalb von 1920°C und anschließend etwa 1 bis 2 Stunden bei etwa 1925°C gesintert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Sintern zunächst bei einer Temperatur von $1700^{\circ}\text{C} - 1850^{\circ}\text{C}$, anschließend von etwa $2000^{\circ}\text{C} - 2400^{\circ}\text{C}$ und dann etwa bei $1875^{\circ}\text{C} - 1975^{\circ}\text{C}$ durchgeführt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Sintern unterhalb von 1920°C unter einem Sauer-

.../A3

druck niedriger als oder gleich 10^{-10} Atmosphären durchgeführt wird, oberhalb von 1920°C bei einem Sauerstoffdruck von etwa 2×10^{-10} Atmosphären und bei etwa 1920°C unter einem Sauerstoffdruck von etwa 10^{-10} Atmosphären.

2830020

PATENTANWÄLTE

DR. CLAUS REINLÄNDER DIPL.-ING. KLAUS BERNHARDT

Orthstraße 12 · D-8000 München 60 · Telefon 83 20 24/5

Telex 5212744 · Telegramme Interpatent

- 4 -

G7 P28 D

GTE LABORATORIES INCORPORATED
Wilmington, Delaware
USA

Keramik und Verfahren zu ihrer
Herstellung

Priorität: 11. Juli 1977 - USA - Serial No. 814,342

Zusammenfassung

Es wird eine Keramik geschaffen, die aus einem im wesentlichen transparenten, hochdichten, polykristallinen Körper auf Yttriumoxydbasis besteht, der im wesentlichen aus Yttriumoxyd und von etwa 0,01 bis 5 Gew.% Aluminiumoxyd besteht.

Ein Verfahren zur Herstellung des transparenten Yttriumoxyds, das mit Aluminiumoxyd dotiert ist, wird ebenfalls geschaffen, bei dem Aluminiumoxyd oder ein Vorläufer dafür mit Yttriumoxyd oder einem Vorläufer dafür gemischt wird, die gemischten Pulver getrocknet werden, die gemischten

.../2

809886/0688

Pulver kalziniert werden und die kalzinierten Pulver in eine gewünschte Form gepresst und danach das geformte Pulver für etwa 1/4 bis 6 Stunden bei einer Temperatur oberhalb der eutektischen Temperatur unter einer ausreichend wenig Sauerstoff enthaltenden Atmosphäre, um Oxydations-Verunreinigungen zu verhindern, gesintert wird.

Hintergrund der Erfindung

Die Erfindung betrifft transparente Yttriumerde-Keramik und Verfahren zu ihrer Herstellung. Insbesondere betrifft die Erfindung im wesentlichen transparentes, hochdichtes, polykristallines Yttriumoxyd, das mit Aluminiumoxyd dotiert ist, und Verfahren zu dessen Herstellung.

Keramiken sind schon lange als erwünschte Werkstoffe zur Verwendung in Hochtemperaturanwendungsfällen betrachtet worden, keramische Materialien sind jedoch im allgemeinen undurchsichtig und können nicht zweckmäßig verwendet werden, wenn Lichtdurchlässigkeit erwünscht ist.

Es sind deshalb Anstrengungen unternommen worden, transparente Keramiken zu erhalten, insbesondere für Anwendungen in Hochtemperatur-Lampenkolben. Kürzlich sind transparente Materialien auf Yttriumoxydbasis entwickelt worden. Beispielsweise wird in der US-PS 3 545 987 eine hochdichte, polykristalline Keramik auf Yttriumoxydbasis beschrieben, die etwa 2 bis 15 Mol % eines Oxyds enthält, das aus der Gruppe Thoriumoxyd, Zirkonoxyd, Hafniumoxyd oder deren Kombinationen ausgewählt ist. Es wurde jedoch festgestellt, daß in solchen Materialien anionische Zwischenräume gebildet werden, die in der Umgebung einer Hochdruck-Natriumlampe mit niedrigem Sauerstoffdruck und hoher Temperatur instabil sind. Dementsprechend sind Hochdruck-Natriumdampf-

.../3

lampen mit Kolben aus solchen Materialien als unbefriedigend anzusehen, da sie abdunkeln, so daß der Kolben nach wenigen Betriebsstunden undurchsichtig wird.

In der US-PS 3 878 280 ist ein Verfahren zur Herstellung von transparentem Yttriumoxyd ohne die Verwendung von Additiven durch Verwendung eines Vakuum-Heiß-Press-Vorgangs beschrieben. Diese Technik ist jedoch auf die Herstellung von dünnwandigen Lampenkolbenrohren wegen der hohen Druckgradienten über die Länge des Rohres nicht anwendbar. Dementsprechend wird derzeit ein Heiß-Pressen nicht als brauchbares Verfahren zur Bildung von transparenten polykristallinen Rohren angesehen.

In der US-PS 3 873 657 ist die Herstellung von transparentem Yttriumoxyd durch Verwendung von Beryllium-Verbindungen als Sinterhilfe beschrieben. Die verwendeten Beryllium-Verbindungen sind jedoch toxisch, dementsprechend wird die Verwendung solcher Materialien in der großtechnischen Produktion durch Schutzvorschriften stark behindert oder möglicherweise sogar verhindert.

Zusammenfassung der Erfindung

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein im wesentlichen transparentes Yttriumoxyd mit ausgezeichneten Lichttransmissionseigenschaften verfügbar zu machen. Weiter soll ein Verfahren zur wirtschaftlichen und nicht-toxischen Herstellung solcher Kolben aus transparentem Yttriumoxyd verfügbar gemacht werden, die in der Umgebung einer Hochdruck-Natriumdampflampe stabil sind.

Diese sowie weitere Aufgaben werden durch die Erfindung gemäß einer Ausführungsform dadurch gelöst, daß eine

.../4

- 4 - 7

Keramik verfügbar gemacht wird, die aus einem im wesentlichen transparenten, hochdichten, polykristallinen Körper auf Yttriumoxydbasis besteht, der im wesentlichen aus Yttriumoxyd (Y_2O_3) besteht und von etwa 0,01 bis 5 Gew. % Aluminiumoxyd (Al_2O_3) enthält.

Die Erfindung nutzt die höhere thermodynamische Stabilität von Yttriumoxyd (Y_2O_3) gegenüber mit +4-Valenz-Ionen, beispielsweise Th^{+4} , dotiertem Yttriumoxyd aus. Wenn Yttriumoxyd mit Thoriumoxyd dotiert ist, dunkelt es in Natriumdampfumgebung (ein Sauerstoffdruck von 10^{-7} Atmosphären) zwischen 1200° und 1400° C. Es wurde nun festgestellt, daß, wenn Aluminiumoxyd (Al_2O_3) als Sinterhilfe verwendet wird, Yttriumoxyd zu Transparenz gesintert werden kann, ohne daß die thermodynamische Stabilität von Yttriumoxyd signifikant reduziert wird. Die eutektische Temperatur zwischen den Verbindungen $Y_4Al_2O_9$ und Y_2O_3 beträgt $1920^{\circ} C \pm 10^{\circ}$. Oberhalb dieser Temperatur wird eine flüssige Phase gebildet, die ein Mittel bildet, die Verdichtung durch einen Flüssigphasen-Sintermechanismus zu fördern. Ein solcher Mechanismus, wenn er gemäß dem Verfahren nach der Erfindung verwendet wird, verbessert die Verdichtung und führt zu der Erzielung von hochdichtem, transparentem Yttriumoxyd.

Das mit Aluminiumoxyd dotierte transparente Yttriumoxyd nach der Erfindung kann dadurch erhalten werden, daß Aluminiumoxyd mit Yttriumoxyd in Konzentrationen von etwa 0,01 Gew.% bis 5 Gew.%, und vorzugsweise von etwa 0,05 bis 0,25 Gew.% gemischt wird. Das Aluminiumoxyd kann als Al_2O_3 -Pulver oder als irgendeiner seiner Vorläufer hinzugefügt werden, der unter Kalzinier- oder Sinterbedingungen in Aluminiumoxyd umwandelbar ist, beispielsweise $Al(NO_3)_3$ gelöst in Methanol, präzipitiertes $Al(OH)_3$, oder durch Kugelmahlen mit Al_2O_3 -Schleifmitteln.

.../5

Das Yttriumoxyd (Y_2O_3), das als Ausgangsmaterial nach der Erfindung verwendet wird, ist vorzugsweise hochreines Yttriumoxydpulver. Im wesentlichen äquivalente Resultate können jedoch erhalten werden, wenn Yttriumverbindungen, die unter Kalzinier- oder Sinterbedingungen in Yttriumoxyd umwandelbar sind, verwendet werden, beispielsweise Yttriumkarbonat ($Y_2(CO_3)_3$) oder Yttriumoxalat ($Y_2(C_2O_4)_3$), wobei die letztere Quelle bevorzugt wird.

Die Pulver werden miteinander gemischt oder, wenn ein flüssiges Medium verwendet wird, wird die Flüssigkeit gründlich mit dem Pulver gemischt, bis das Pulver damit imprägniert ist. Danach werden die resultierenden Pulver getrocknet, vorzugsweise bei etwa $110^\circ C$, und eine Stunde lang bei etwa $1000^\circ C$ in Luft kalziniert und dann durch ein Sieb von 100 mesh (149 Mikron Sieböffnung) gesiebt. Die resultierenden Pulver können dann in irgendeine gewünschte Form gepresst werden, beispielsweise ein Rohr, eine Scheibe oder dergl., bei Drucken zwischen etwa 15.000 bis 50.000 psi (1034,21 bis 3447,38 Bar). Der gepresste Gegenstand wird dann in Luft eine Stunde lang bei $1000^\circ C$ vorgebrannt und dann in einen Ofen mit kontrollierter Atmosphäre gebracht, wo er für etwa 1/4 bis 6 Stunden bei einer Temperatur oberhalb der eutektischen Temperatur gesintert wird, vorzugsweise bei etwa $2000^\circ C$ bis $2400^\circ C$, und insbesondere bei etwa $2100^\circ C$.

Vor dem Sintern bei einer Temperatur oberhalb der eutektischen Temperatur kann der gepresste Gegenstand etwa 1 bis 8 Stunden bei einer Temperatur unterhalb der eutektischen Temperatur gesintert werden, vorzugsweise bei etwa $1700^\circ C$ bis $1850^\circ C$ und vorzugsweise bei etwa $1850^\circ C$, und anschließend an das Sintern bei einer Temperatur oberhalb der eutektischen Temperatur kann der gepresste Gegenstand etwa 1 bis 2 Stunden lang bei einer Temperatur bei oder in der Nähe der eutektischen Temperatur gesintert

.../6

werden, bei etwa 1875°C bis 1975°C , und insbesondere bei etwa 1925°C .

Die fakultative erste Stufe des Sinterns fördert eine maximale Verdichtung, wobei $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ als feste zweite Phase das Kornwachstum verhindert. Es ist erwünscht, soviel Verdichtung wie möglich zu haben, ohne daß Poren zwischen Körnern vor der wesentlichen zweiten Sinterstufe gefangen werden, d.h., dem Sintern bei oberhalb der eutektischen Temperatur. Die wesentliche zweite Stufe ist der Flüssigphasen-Sinterbereich, wo die wesentliche Entfernung der letzten wenigen Prozent Porosität und Kornwachstum erfolgen. Die fakultative dritte Sinterstufe ist erwünscht, weil bei der eutektischen Temperatur, $1920 \pm 10^{\circ}\text{C}$, die maximale Löslichkeit für Al_2O_3 in Y_2O_3 existiert. Diese Stufe minimiert die zweite Phase, die in der Struktur zurückgehalten ist, was für optimale chemische und physikalische Eigenschaften erwünscht sein kann.

Die Atmosphäre während des Sinterns sollte auf einem ausreichend niedrigen Sauerstoffdruck liegen, um eine Oxydation der Ofenelemente zu verhindern, die Anlaß zur Verunreinigung des gesinterten Körpers geben kann. Im Falle eines W-Netz-Ofens beispielsweise wurde eine Sauerstoffatmosphäre niedriger oder gleich 10^{-10} Atmosphären bei 1900°C und 2×10^{-10} Atmosphären bei 2100°C als befriedigend gefunden. Wenn ein Sauerstoffdruck gleich oder geringfügig höher als 1×10^{-10} Atmosphären während der letzten Stufe des Sinterzyklus verwendet wird, bei dem die Temperatur bei oder über der eutektischen Temperatur gehalten wird, ist das resultierende Produkt im wesentlichen farbloses, transparentes Y_2O_3 . Wenn jedoch der Sauerstoffdruck signifikant niedriger liegt als 10^{-10}

.../7

Atmosphären, ist das resultierende Produkt schwarz, kann jedoch leicht in 5 Stunden bei 1500°C in Luft oxidiert werden, um transparentes, farbloses Y_2O_3 zu erhalten.

Das im wesentlichen transparente, hochdichte, polykristalline Yttriumoxyd, das mit Aluminiumoxyd dotiert ist und das nach der Erfindung erhalten wird, ergibt eine ausgezeichnete geformte, transparente Keramik für Lampenkolbenanwendungen. Diese Keramiken sind thermodynamisch in einer Natriumlampenumgebung stabiler als Yttriumoxyd, das mit +4-Valenz-Ionen dotiert ist. Die transparenten Keramiken nach der Erfindung können leicht gepresst und gesintert werden, um transparente Rohre und andere komplizierte Formen zu formen. Darüber hinaus ist das erfindungsgemäß als Sinterhilfe verwendete Aluminiumoxyd nicht-toxisch.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Die folgenden Beispiele illustrieren die Erfindung näher. Es ist darauf hinzuweisen, daß diese Beispiele nur der Illustration dienen und weder der Grundgedanke noch der Umfang der Erfindung hierdurch begrenzt werden soll. Soweit nicht anders angegeben, sind alle Prozentsätze und Teile auf Gewicht bezogen.

In den folgenden Beispielen beruhten die Dichtemessungen auf dem Archimedischen Prinzip und wurden auf einer Mettler-Analysenwaage durchgeführt. Optische Messungen auf polierten, 1 mm dicken Scheibenmustern wurden auf einem Cary-14-Spektrofotometer durchgeführt. Alle angegebenen Werte sind bei einer Wellenlänge von 0,6 Mikrometer angegeben. Die Gesamttransmission von Rohren wurde mit einer Ulbrichtschen Kugel von 12" (304,80 mm) der Hoffman Engineering

.../8

Corporation im sichtbaren Wellenlängenbereich gemessen. Die gerichtete Transmission (Transmission für gerichtetes Licht, d.h. Verhältnis des Lichtstroms des Ausgangsstrahls zu dem des Eingangsstrahls, wobei der Ausgangsstrahl parallel zum Eingangsstrahl ist) an Rohren wurde mit einem Gerät der GTE Sylvania gemessen, das die Lichttransmission durch beide Wände längs eines Musterdurchmessers mißt.

Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

.../9

- 9 - 12

T A B E L L E

Bei- spiel	Gew.% Al ₂ O ₃	Quelle für Al ₂ O ₃	Quelle für Y ₂ O ₃	Proben- form	Press- druck (kBar)	Sinter- zyklus	Dichte (% theo- retisch)	% Gesamt- trans- mission*	Gerichtete Trans- mission**
1	0,1	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	3,45	2100°C 2 1/4 h	99,3	57,5	17,0
2	0,69	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	3,45	2100°C 2 1/4 h	99,2	59,3	5,5
3	0,23	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	3,45	2000°C 2 1/4 h	99,5	59,9	8,3
4	0,028	Al ₂ O ₃ Mahl- kugeln	Y ₂ (CO ₃) ₃	Scheibe	3,45	1900°C-2h 2100°C-2h	99,7	60,6	32,0
5	--	Al ₂ O ₃ Mahl- kugeln	Y ₂ (CO ₃) ₃	Rohr	1,86	1650°C-1,5h 2100°C-2 h	99,8	87	3,1
6	0,1	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	3,45	1850°C-5h 2100°C-4h 1875°C-2h	99,6	71,9	34,3
7	0,23	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	3,45	1850°C-5h 2100°C-4h 1875°C-2h	99,9	80,4	27,2
8	0,14	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Rohr	1,86	1850°C-5h 2100°C-4h 1925°C-2h	99,6	93,7	3,1
9	0,05	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	3,45	1800°C-4h 2100°C-6h 1925°C-2h	99,4	46	22

809886/0688

TABELLE (Forts.)

Bei- spiel	Gew.% Al ₂ O ₃	Quelle für Al ₂ O ₃	Quelle für Y ₂ O ₃	Proben- form	Press- druck	Sinter- zyklus	Dichte (% theo- retisch)	% Gesamt- trans- mission*	gerichtete Trans- mission**
10	0,14	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	3,45	1800°C-4h 2100°C-6h 1925°C-2h	99,9	71	44
11	0,23	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	3,45	1800°C-4h 2100°C-6h 1925°C-2h	99,9	73	35
12	0,14	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Rohr	1,93	1850°C-5h 2100°C-4h 1925°C-2h	99,9	95,1	7
13	0,10	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Rohr	1,93	1850°C-4h 2100°C-4h 1925°C-1h	99,9	95,3	5,9
14	0,1	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	1,93	1850°C-4h 2100°C-4h 1925°C-1h	99,9	66	23
15	0,1	Al(NO ₃) ₃	Y ₂ (C ₂ O ₄) ₃	Scheibe	3,45	1850°C-5h 2100°C-4h 1925°C-2h	99,7	65	32

* Reflexionsverluste reduzieren die theoretische Transmission für Scheibenmuster auf 81,3 %

** Pseudo-gerichtete Transmission von Rohren war längs eines Durchmessers und durch zwei Wände

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.